

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-089004

(43)Date of publication of application : 31.03.2000

(51)Int.Cl.

G02B 3/00  
G02B 21/02  
G11B 7/135

(21)Application number : 10-261887

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 16.09.1998

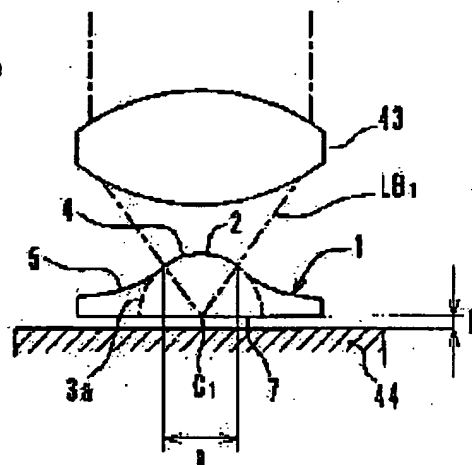
(72)Inventor : ISHIDA FUTOSHI

### (54) SOLID IMMERSION LENS AND MANUFACTURE THEREOF

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a solid immersion lens, which can be fitted to a holder while holding a prescribed posture without being inclined to the holder and a manufacturing method by which the lenses are inexpensively mass-produced.

**SOLUTION:** This solid immersion lens is semispherical and consists of a convex face 2, which is the light-incident side, and a plain face 7, which is the light-emitting side. The convex face 2 is constituted of an effective surface 4 with a semi-sphere 3a as a reference and a positioning surface 5 consisting of a curved surface, in which the sign of the curvature is inverted from that of the effective surface 4. This solid immersion lens is fitted while its posture is determined in a state where the positioning surface 5 is in contact with a recessed edge part of the holder. Further, the solid immersion lens is manufactured by press molding a fused glass material by using a metallic mold.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The solid immersion lens characterized by consisting the semi-sphere configuration or the super-semi-sphere configuration of having the convex which is the incidence side of light, and the abbreviation flat surface which is the outgoing radiation side of light of Men and the positioning side where nothing and said convex constitute an effective optical-path part.

[Claim 2] Said convex is a solid immersion lens according to claim 1 characterized by consisting of the 2nd convex section used as the effective optical path for forming a condensing spot in the place slightly distant from the 1st convex section and said abbreviation flat surface used as the effective optical path for forming a condensing spot in the core of said abbreviation flat surface.

[Claim 3]

JP2000-089004

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the solid immersion lens used for a high-resolution microscope or high density optical memory (record/read), and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in the field of the optical memory which records / reads and carries out information optically, in order to raise the recording density of the disk which is a record medium, the following two approaches are proposed.

(1) Shorten wavelength of the light used for record/read.

(2) Enlarge numerical aperture NA of the objective lens as which light is completed to a disk.

[0003] Among these, in order to shorten the wavelength of light itself by the approach of (1), it is necessary to develop semiconductor laser with more short wavelength etc. However, it is not easy in the present condition to develop such semiconductor laser.

[0004] Then, its attention is paid to the approach of (2) and it is Solid. Immersion Irradiating the light record / for read to a disk using Lens (solid immersion lens) is proposed variously. This is Liquid. Immersion It is based on the principle of Microscope (resolution enhancement of the microscope by the immersion method). That is, the light also applies the principle of the microscope under which the resolution of 100nm or less is obtained. As precedence patent reference, a USP No. 5,004,307 specification and JP,8-315404,A can be mentioned.

[0005] Conventionally, as a solid immersion lens, the solid immersion lens 41 of the semi-sphere configuration shown in drawing 14 and the solid immersion lens 42 of the super-semi-sphere configuration where it left the capital to below the semi-sphere shown in drawing 15 were manufactured experimentally. In drawing 14 and drawing 15, an object (condensing) lens usual in 43 and 44 are record media (disk).

[0006] If it is in the solid immersion lens 41 of a semi-sphere configuration, a light beam LB carries out incidence at right angles to convex 41a, and it is completed in the core of flat-surface 41b. n When the refractive index of a solid immersion lens 41 is set to n, it means setting wavelength to  $1/n$  in a lens 41, and doubling the numerical aperture NA of a condenser lens 43 as a result. The spot size of a light beam LB is reduced to  $1/n$ , and resolution increases n times. That is, at 0.5, for the refractive index n of a solid immersion lens 41, when the wavelength  $\lambda$  of a light beam LB is 780nm, a degree type (1) asks for spot size S, and the numerical aperture NA of a condenser lens 43 is  $S = \lambda / (2n \sin \theta)$  in 1.8. -- (1)

It is set to 430nm.

[0007] Moreover, if it is in the solid immersion lens 42 of a super-semi-sphere configuration, an effective optical path is larger than a radius. In this case, it asks by the degree type (2) and the spot size S of a light beam LB is  $S = \lambda / (2n^2 \sin \theta)$ . -- (2)

It is set to 240nm.

[0008] Thus, the condensing spot below the wavelength of the light to be used can be obtained by using

solid immersion lenses 41 and 42. In order to use this approach, it must be made small enough so that the spacing (air gap)  $b$  of a record medium 44 and solid immersion lenses 41 and 42 may hold about 100nm or less. In order to hold and control this air gap, applying the technique of a magnetic hard disk and carrying a solid immersion lens to a surfacing slider is proposed. As precedence patent reference, JP,5-189796,A and a 8-221790 official report can be mentioned, and the technique given in JP,8-212579,A is proposed except the surfacing slider.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the following three technical problems which must be solved exist in utilization of the high density memory using a solid immersion lens.

[0010] (1) Since the fixed reference to a holder 47 did not exist in convex 41a as the solid immersion lenses 41 and 42 of the semi-sphere configuration of the lens maintenance device former and a super-semi-sphere configuration are shown in drawing 16, inclination (include angle  $\theta$ ) prevention of flat-surface 41b to the datum level 49 of a holder 47 was difficult. Moreover, when it inclined and flat-surface 41b was made into criteria, a lens fixed part will project in the body (medium) side of a lens, and there was a trouble that a required air gap was not securable.

[0011] (2) In order to carry the loading solid immersion lens to a slider in a surfacing slider and to use it as a recording head of high density memory, a lens must become small [ with a diameter of 2mm or less ] for weight reduction of a head, and the air receiver side for surfacing must be established in a lens holder. In this case, in order to keep the posture of a solid immersion lens good [ precision ] to a record medium, inclination prevention with a lens flat surface and a holder is further needed.

[0012] (3) Conventionally [ manufacturing-cost ], glass material was polished spherically, the ball lens was obtained, and the solid-state lens of a semi-sphere configuration and a super-semi-sphere configuration was further manufactured by cutting and polishing. However, now, a process is complicated, cost is attached highly, in the present condition, it stops at the experimental stage and commercial production is not carried out. <BR> [0013] Then, the purpose of this invention is to be able to hold and attach a predetermined posture [ be / no inclination ] to a holder, make an air gap with a body (medium) small enough moreover, and offer the solid immersion lens in which loading to a surfacing slider is possible. Furthermore, the purpose of this invention is to offer the manufacture approach which can mass-produce a solid immersion lens cheaply at an easy process.

[0014]

[The configuration, an operation, and effectiveness] of invention In order to attain the above purpose, the 1st solid immersion lens concerning this invention consists the semi-sphere configuration or the super-semi-sphere configuration of having the convex which is the incidence side of light, and the abbreviation flat surface which is the outgoing radiation side of light of the field and positioning side where nothing and a convex constitute an effective optical-path part. As for the curvature of the field which constitutes an effective optical-path part, in this 1st solid immersion lens, it is [ a positioning side ] desirable that it is the curved surface which a sign reverses. In addition to it, when radius of curvature is infinity (i.e., also when it is the cone configuration where the tangent of the radius in an effective optical-path part was extended), it contains.

[0015] Moreover, the 2nd solid immersion lens concerning this invention prepared the flange which has a positioning side for the semi-sphere configuration or the super-semi-sphere configuration of having the convex which is the incidence side of light, and the abbreviation flat surface which is the outgoing radiation side of light, in addition to the effective optical-path parts of nothing and a convex.

[0016] If it is in said 1st and 2nd solid immersion lenses, the positioning side formed in addition to the convex effective optical-path part serves as a fixed reference to a lens holder, and a solid immersion lens can be held with a sufficient posture (without inclining). And an air gap small enough can be secured, without a lens fixed part projecting in a body (medium) side.

[0017] Moreover, even if it is the case where a lens becomes small, when the area of the abbreviation flat surface which is an outgoing radiation side by establishing said positioning side is expanded and a solid immersion lens is carried in a surfacing slider, the air receiver side at the time of surfacing will be expanded. The posture / location precision of a solid immersion lens [ as opposed to a body (medium) in

this and the prevention effectiveness of said inclination ] improve conjointly.

[0018] Furthermore, in said 1st solid immersion lens, you may constitute from the 2nd convex section used as the effective optical path for forming a condensing spot in the place from which said convex was slightly separated from the 1st convex section and abbreviation flat surface used as the effective optical path for forming a condensing spot in the core of an abbreviation flat surface. Now, the solid immersion lens of two foci can be obtained.

[0019] Furthermore, said 1st and 2nd solid immersion lenses are manufactured by carrying out press shaping of the softened glass material with both metal mold using the metal mold which has the concave surface which carried out abbreviation reversal of the convex configuration, and the metal mold which has the field which forms the abbreviation flat surface which is the outgoing radiation side of light.

According to the press shaping approach using such metal mold, cutting and polishing can mass-produce a solid immersion lens cheaply in an easy unnecessary process. Moreover, if it is made to be dropped on the metal mold which has the concave surface which carried out abbreviation reversal of the configuration of the field which forms the abbreviation flat surface of metal mold for the fused glass material, or said convex, the weight of the glass material dropped is arranged and a solid immersion lens without dispersion can be obtained.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, each operation gestalt of the solid immersion lens concerning this invention and its manufacture approach is explained with reference to an accompanying drawing.

[0021] (Refer to the 1st operation gestalt of a solid immersion lens, drawing 1, drawing 2, and drawing 3) In drawing 1, the numerical aperture NA of the solid immersion lens whose 1 is the 1st operation gestalt, and 43 is the convergence light by which about 0.6 condenser lens and 44 were condensed with the record medium, and LB1 was condensed with the condenser lens 43, and the aperture angle from the condensing spot C1 is about 74 degrees. The air gap b of a solid immersion lens 1 and a record medium 44 is set as about 100nm.

[0022] The solid immersion lens 1 consists of a convex 2 on the basis of semi-sphere 3a whose radius r1 is 0.5mm, and a flat surface 7 which is an outgoing radiation side. The measuring area 4 which the convergence light LB1 penetrates is the 0.5mm spherical surface which is semi-sphere 3a, and the effective diameter a is about 0.6mm. Furthermore, the positioning side 5 which the sign of curvature reversed is established in the outside of measuring area 4. The diameter of a flat surface 7 is 2mm.

[0023] Here, the positioning side 5 explains the semantics of what "the sign of curvature has reversed." This can also be put in another way as the direction of the center of curvature having reversed the positioning side 5 with the direction of the center of curvature of measuring area 4. That is, as shown in drawing 2, the center of curvature C1 of spherical-surface 3a which forms measuring area 4 exists in the core of a flat surface 7, and is located in a body side bordering on a convex 2. On the other hand, center-of-curvature C' of the spherical surface 6 whose radius r2 which forms the positioning side 5 is 1mm exists in a light source side bordering on a convex 2.

[0024] When the convergence light LB1 was irradiated at the record medium 44 using the optical system shown in drawing 1 containing said solid immersion lens 1, the record spot with a diameter of 80nm was able to be obtained on the record medium 44.

[0025] Loading to the surfacing slider of a solid immersion lens 1 is performed using the holder 51 shown in drawing 3. That is, a holder 51 has the crevice 52 and opening 53 which are a concentric circle, and a solid immersion lens 1 is set to a crevice 52 after measuring area 4 has projected from opening 53. At this time, as for a solid immersion lens 1, the positioning side 5 is positioned in contact with the annular edge 54 of a holder 51. In the solid immersion lens 1 which consists of a configuration mentioned above, contact Rhine (annular Rhine on the positioning side 5) of the lens 1 to the annular edge 54 which is the posture specification part of a lens 1 is decided uniquely, and a lens 1 is attached with a sufficient precision to a holder 51. Especially, the lens flat surface 7 was able to be attached in the precision of a micron thru/or submicron order to the datum plane 55 which is a base of a holder 51. Moreover, the area of the lens flat surface 7 also becomes large by forming the positioning side 5 (they are about 4 times to the conventional lens of the diameter of said), and lens 1 the very thing will receive

the big surfacing force.

[0026] Incidentally, by the conventional maintenance device shown in drawing 16, since, as for a lens 41, convex (spherical surface) 41a contacts the annular edge 48 of a holder 47, contact annular Rhine of the lens 41 to the annular edge 48 exists innumerable. Therefore, the parallel relation between the datum plane 49 of a holder 47 and lens flat-surface 41b collapsed, the include angle theta became large, and only the precision of submillimeter order has been attained at most.

[0027] Here, the case where said solid immersion lens 1 is operated as a 2 focal lens is explained. As for the solid immersion lens 1, the convex 2 is formed in respect of [ 5 ] measuring area 4 and positioning like the above-mentioned. Then, as shown in drawing 4, it is in the periphery section of the convergence light LB1, and the convergence light LB2 of a paralysis convex is drawn. The convergence light LB1 penetrates measuring area 4, and forms the condensing spot C1 in the core of a flat surface 7, and the convergence light LB2 forms the condensing spot C2 in the location which penetrated the interface 8 of fields 4 and 5 and separated it from the spot C1 slightly.

[0028] A record medium 44 forms the tracking information layer 46 downward at the record layer 45. By using a solid immersion lens 1 as a 2 focal lens, information can be record/Read in the record layer 45 at the condensing spot C1, and the tracking information layer 46 can be accessed at the condensing spot C2. In this case, what is necessary is just to use the holder 51 which showed the solid immersion lens 1 for carrying in a surfacing slider at drawing 3.

[0029] (Refer to the 2nd operation gestalt of a solid immersion lens, and drawing 5) In drawing 5, the solid immersion lens 1 which is the 2nd operation gestalt consists of a convex 2 on the basis of with a radius of 0.5mm super-semi-sphere 3b, and a flat surface 7 which is an outgoing radiation side, and the diameter of measuring area 4 is about 0.7mm. Other configurations are the same as that of said 1st operation gestalt, the same sign is given to the same part as drawing 1, and the explanation is omitted. Numerical aperture NA was about 0.4, and when the condenser lens 43 irradiated the convergence light LB1 at the record medium 44, it was able to obtain the record spot with a diameter of 80nm on the record medium 44.

[0030] In order to carry this solid immersion lens 1 in a surfacing slider, that what is necessary is just to use the holder 51 shown in drawing 3, contact Rhine of the positioning side 5 over the annular edge 54 is decided uniquely, an air gap b is kept at minute about 100nm, and the flat surface 7 of a lens 1 can be maintained with high precision.

[0031] (Refer to the 3rd operation gestalt of a solid immersion lens, and drawing 6) In drawing 6, the solid immersion lens 1 which is the 3rd operation gestalt has the convex 2 on the basis of spherical-surface 3a whose radius is 0.5mm like said 1st operation gestalt, and positioning side 5a (center of curvature is on a field) of the cone configuration whose curvature is zero is formed in the outside of measuring area 4.

[0032] In such a globular form solid immersion lens 1, when recorded using the same condenser lens 43 as drawing 1, the record spot with a diameter of 80nm was able to be obtained on the record medium 44. Moreover, in order to carry this solid immersion lens 1 in a surfacing slider, that what is necessary is just to use the holder 51 shown in drawing 3, contact Rhine of positioning side 5a to the annular edge 54 is decided uniquely, the minute air gap b is maintained and the flat surface 7 of a lens 1 can be maintained with high precision.

[0033] (Refer to the 4th operation gestalt of a solid immersion lens, drawing 7, drawing 8, and drawing 9) In drawing 7, the solid immersion lens 11 which is the 4th operation gestalt consists of a convex 12 which consists of a flange 15 prepared in the outside of measuring area 14 and this measuring area 14, and a flat surface 17 which is an outgoing radiation side. The effective diameter a of measuring area 14 is about 0.6mm on the basis of a semi-sphere with a radius of 0.5mm. A flange 15 is 0.2mm in thickness, and has positioning side 15a which intersects perpendicularly with the optical axis of the convergence light LB1. The diameter of a flat surface 17 is 2mm. Moreover, numerical aperture NA is about 0.6 like [ a condenser lens 43 ] said 1st operation gestalt, and, as for the convergence light LB1, it converges the aperture angle from the condensing spot C1 on about 74 degrees. The air gap b of the lens flat surface 17 and a record medium 44 is set as about 100nm.

[0034] When the convergence light LB1 was irradiated at the record medium 44 using the optical system shown in drawing 7 containing said solid immersion lens 11, the record spot with a diameter of 80nm was able to be obtained on the record medium 44.

[0035] Loading to the surfacing slider of a solid immersion lens 11 is performed using the holder 61 shown in drawing 8. That is, a holder 61 shows the crevice 62 and opening 63 which are a concentric circle, and a solid immersion lens 11 is set to a crevice 62 after measuring area 14 has projected from opening 63. At this time, as for a solid immersion lens 11, positioning side 15a of a flange 15 is positioned in contact with flat-surface 62a of a crevice 62. Thus, the lens 11 was able to fix the lens flat surface 17 in the precision of a micron thru/or submicron order to the datum plane 65 which is a base of a holder 61 by positioning side 15a being positioned in contact with flat-surface 62a of a holder 61. Moreover, the area of the lens flat surface 17 also becomes large by forming a flange 15 (they are 4 times to the conventional lens of the diameter of said), and lens 11 the very thing will receive the big surfacing force.

[0036] What is necessary is just to press down the front face 64 of a holder 61 in a suspension 66, as shown in drawing 9 in order to hold the air gap b of the flat surface 17 of a solid immersion lens 11, and a record medium 44 to about 100nm.

[0037] (Refer to the 5th operation gestalt of a solid immersion lens, drawing 10, and drawing 11) In drawing 10, the solid immersion lens 11 which is the 5th operation gestalt consists of the same configuration as said 4th operation gestalt fundamentally. A different point is parallel to the outside of measuring area 14 to an optical axis, and is in the point which follows a flange 15 and which was and formed positioning side 15b of a paralysis convex.

[0038] In addition to positioning side 15a contacting flat-surface 62a to a holder 61, if it is in this solid immersion lens 11, as shown in drawing 11, it is, and positioning side 15b of a paralysis convex is positioned in contact with opening internal-surface 63a, and can also regulate a horizontal gap with the inclination of a lens 11.

[0039] (Refer to the 6th operation gestalt of a solid immersion lens, and drawing 12) In drawing 12, the solid immersion lens 11 which is the 6th operation gestalt has the same measuring area 14 as said 4th operation gestalt, and forms perpendicular positioning side 18b in a side face to parallel positioning side 18a and an parallel optical axis to the optical axis which does not interfere in the effective optical-path of the convergence light LB1. As for a holder 67, positioning side 18a has the opening 68 by which fitting is carried out, and, as for a solid immersion lens 11, the positioning sides 18a and 18b are correctly positioned on the basis of the opening internal surface and opening rising wood of a holder 67. That is, the precision of the lens flat surface 17 over the datum level 69 of a holder 67 improves.

[0040] Especially, this solid immersion lens 11 is effective, when reduction of the weight of a lens simple substance is an important design technical problem.

[0041] (Refer to the 1st operation gestalt of the manufacture approach, and drawing 13) Drawing 13 shows the manufacture approach of the solid immersion lens 11 which is the 4th operation gestalt shown in drawing 7. Here, although the direct pressing method using a glass drop is adopted, the various technique conventionally known as a glass fabricating method which uses metal mold is employable.

[0042] In drawing 13 (A), the glass material 25 is led to a nozzle 20 from the melting furnace which is not illustrated. As glass material 25, SF57 (refractive index 1.85 [ about ]: optical glass by Minolta Co., Ltd.) of a heavy Flint system is used. Melting of the glass material 25 is carried out to about 900 degrees C with the melting furnace, and it is made dropped on metal mold 31 as a glass drop 26 from the tip opening 21 of a nozzle 20.

[0043] Metal mold 31 is for forming the flat surface 17 of a solid immersion lens 11, and consists of cemented carbide, and flat-surface polishing (the maximum surface roughness: 0.03 micrometers) of the front face 32 is carried out. On the other hand, the metal mold 35 shown in drawing 13 (C) is for forming the convex 12 of a solid immersion lens 11, and consists of cemented carbide, it has the field 36 corresponding to measuring area 14, and the field 37 corresponding to positioning side 15a of a flange 15, and fields 36 and 37 are polished (the maximum surface roughness: 0.03 micrometers). Metal mold 31 and 35 is heated by about 380 degrees C with the heating means which is not illustrated at the time of



shaping.

[0044] The glass drop 26 (refer to drawing 13 (B)) dropped on metal mold 31 is pressed with metal mold 35 in a softening condition, and is fabricated by the predetermined configuration (refer to drawing 13 (C)). At this time, press \*\* is set as about 50 kgf/cm<sup>2</sup>, and opens the backward metal mold 31 and 35 pressed for 10 seconds.

[0045] (The 2nd operation gestalt of the manufacture approach) This manufacture approach is what used the lanthanum system LaSF9 (refractive index 1.85 [ about ]: optical glass by Minolta Co., Ltd.) as glass material, and shaping equipment and a process are the same as that of drawing 13 . However, with a \*\*\*\* 2 operation gestalt, since the glass material to be used differs from said 1st operation gestalt, about 600 degrees C and press \*\* set the melting temperature of glass material as about 1250 degrees C, and set a die temperature as about 60 kgf/cm<sup>2</sup>.

[0046] (Other operation gestalten) in addition, the solid immersion lens concerning this invention and its manufacture approach are not limited to said various kinds of operation gestalten, within the limits of the summary, can be boiled variously and can be changed.

[0047] The configuration of details is [ that especially the configuration of a solid immersion lens should just have measuring area, the flat surface, and the positioning side to a holder ] arbitrary. Moreover, although the manufacture approach was explained taking the case of the solid immersion lens shown in drawing 7 , the solid immersion lens shown in drawing 1 , drawing 5 , drawing 6 , drawing 10 , and drawing 12 or the solid immersion lens of the other configuration can be manufactured by said same press working of sheet metal by using glass material as a raw material. In addition, in case the solid immersion lens 11 shown in drawing 10 and drawing 12 is manufactured, in order to improve the mold-release characteristic from metal mold, it is desirable to attach some inclination to Fields 15b and 18a. Moreover, with said operation gestalt, although glass material was dropped on flat-surface metal mold, it may be dropped on concave metal mold.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-89004

(P2000-89004A)

(43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 2 B	3/00	G 0 2 B 3/00	Z 2 H 0 8 7
	21/02	21/02	Z 5 D 1 1 9
G 1 1 B	7/135	G 1 1 B 7/135	A

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-281887

(22) 出願日 平成10年9月16日 (1998.9.16)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 石田 太

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100091432

弁理士 森下 武一

Fターム (参考) 2B087 KA09 KA13 LA01 LA21 PA01

PA17 PB01 QA01 QA07 QA13

QA33

5D119 AA11 AA22 AA40 JA44 JC04

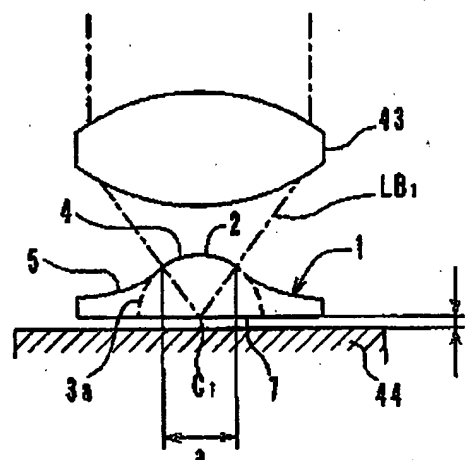
JC07 NA05

(54) 【発明の名称】 固定レンズ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 保持具に対して傾きなく所定の姿勢を保持して取り付けることができる固定レンズ及び該レンズを安価に製造できる製造方法を得る。

【解決手段】 光の入射側である凸面2と光の出射側である平面7とからなる半球形状の固定レンズ。凸面2は、半球3aを基準とする有効面4と、該有効面4の曲率とは符号が反転する曲面からなる位置決め面5とで構成されている。この固定レンズは保持具の凹所エッジ部へ位置決め面5が当接した状態で姿勢を決められて取り付けられる。また、固定レンズは溶融したガラス材を金型を用いた押圧成形により製作される。



(2)

特開2000-89004

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の入射側である凸面と光の出射側である略平面を有する半球形状又は超半球形状をなし、前記凸面が有効光路部分を構成する面と位置決め面とからなることを特徴とする図浸レンズ。

【請求項2】 前記凸面は、前記略平面の中心に集光スポットを形成するための有効光路となる第1の凸面部分と、前記略平面から僅かに離れた所に集光スポットを形成するための有効光路となる第2の凸面部分とからなることを特徴とする請求項1記載の図浸レンズ。

【請求項3】 前記位置決め面は、有効光路部分を構成する面の曲率とは符号が正負反転する曲面であることを特徴とする請求項1記載の図浸レンズ。

【請求項4】 前記位置決め面は、有効光路部分を形成する面の接線を延長した円弧面であることを特徴とする請求項1記載の図浸レンズ。

【請求項5】 光の入射側である凸面と光の出射側である略平面を有する半球形状又は超半球形状をなし、前記凸面の有効光路部分以外に、位置決め面を有する凹部を設けたことを特徴とする図浸レンズ。

【請求項6】 前記凹部は光軸と略直交する位置決め面を有することを特徴とする請求項5記載の図浸レンズ。

【請求項7】 前記凹部は、光軸と略直交する第1の位置決め面と、光軸と略平行な第2の位置決め面とを有することを特徴とする請求項5記載の図浸レンズ。

【請求項8】 光の入射側である凸面が有効光路部分を構成する面と位置決め面とからなる図浸レンズの製造方法であって、

前記凸面の形状を略反転させた凹面を有する金型と、光の出射側である略平面を形成する面を有する金型とを用い、軟化したガラス材を両金型で押圧成形すること、

を特徴とする図浸レンズの製造方法。

【請求項9】 光の入射側である凸面の有効光路部分以外に、位置決め面を有する凹部を設けた図浸レンズの製造方法であって、

前記凸面の形状を略反転させた凹面を有する金型と、光の出射側である略平面を形成する面を有する金型とを用い、軟化したガラス材を両金型で押圧成形すること、

を特徴とする図浸レンズの製造方法。

【請求項10】 前記金型の略平面を形成する面または前記凸面の形状を略反転させた凹面を有する金型の上に、溶融したガラス材を滴下することを特徴とする請求項8又は請求項9記載の図浸レンズの製造方法。

【請求項11】 屈折率が1.8以上の重フリント系ガラス材を用いることを特徴とする請求項8又は請求項9記載の図浸レンズの製造方法。

【請求項12】 屈折率が1.8以上の重ランタンフリント系ガラス材を用いることを特徴とする請求項8又は請求項9記載の図浸レンズの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高分解能顕微鏡や高密度光メモリ（記録／読取り）に用いられる図浸レンズ及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光学的に情報を記録／読取りする光メモリの分野において、記録媒体であるディスクの記録密度を高めるためには、次の二つの方法が提案されている。

(1) 記録／読取りに用いる光の波長を短くする。

(2) ディスクに対して光を収束させる対物レンズの開口数NAを大きくする。

【0003】このうち、(1)の方法で光の波長自体を短くするには、より波長の短い半導体レーザなどを開発する必要がある。しかし、そのような半導体レーザを開発することは現状では容易ではない。

【0004】そこで、(2)の方法に着目し、Solid Immersion Lens（図浸レンズ）を用いてディスクに対して記録／読取り用の光を照射することが従来提案されている。これは、Liquid Immersion Microscope（液浸法による顕微鏡の分解能向上）の原理に基づいている。即ち、可視光でも100nm以下の分解能が得られる顕微鏡の原理を応用するものである。先行特許文献としては、USP5,004,307号明細書、特開平8-315404号公報を挙げることができる。

【0005】従来、図浸レンズとしては、図14に示す半球形状の図浸レンズ41と、図15に示す半球以下に柱頭を残した超半球形状の図浸レンズ42とが実質的に製作されていた。図14、図15において、43は通常の対物（集光）レンズ、44は記録媒体（ディスク）である。

【0006】半球形状の図浸レンズ41にあっては、光ビームLBが凸面41aに垂直に入射し、平面41bの中心部で収束する。図浸レンズ41の屈折率をnとする。レンズ41中で波長は $1/n$ となり、結果的に集光レンズ43の開口数NAはn倍されたことになる。光ビームLBのスポットサイズは $1/n$ に縮小し、分解能はn倍になる。即ち、集光レンズ43の開口数NAが0.5で、図浸レンズ41の屈折率nが1.8で、光ビームLBの波長λが780nmの場合、スポットサイズSは、次式(1)によって求められ、

$$S = \lambda / (2n \sin \theta) \quad \dots (1)$$

430nmとなる。

【0007】また、超半球形状の図浸レンズ42にあっては、有効光路は半径よりも大きい。この場合、光ビームLBのスポットサイズSは次式(2)によって求められ、

$$S = \lambda / (2n' \sin \theta) \quad \dots (2)$$

240nmとなる。

【0008】このように、図浸レンズ41、42を利用

(3)

特開2000-89004

3

することで、使用する光の波長以下の集光スポットを得ることができる。この方法を用いるには、記録媒体44と固浸レンズ41、42との間隔（エアギャップ）bが約100nm以下を保持するように十分に小さくしなければならない。このエアギャップを保持、制御するために、固浸レンズを磁気ハードディスクの技術に応用して浮上スライダへ搭載することが提案されている。先行特許文献としては、特開平5-189796号公報、同8-221790号公報を挙げることができ、浮上スライダ以外では特開平8-212579号公報記載の技術が提案されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、固浸レンズを用いた高密度メモリの実用化には解決しなければならない以下の三課題が存在する。

【0010】(1) レンズ保持機構

従来の半球形状及び超半球形状の固浸レンズ41、42においては図16に示すように、凸面41aに保持具47への固定基準が存在しないため、保持具47の基準面49に対する平面41bの傾き（角度 $\theta$ ）防止が困難であった。また、平面41bを傾き基準にした場合、レンズの物体（媒体）側にレンズ固定部が突出することになり、必要なエアギャップを確保できないという問題点があった。

【0011】(2) スライダへの搭載

固浸レンズを浮上スライダに搭載し、高密度メモリの記録ヘッドとして使用するには、ヘッドの重量低減のためにレンズは直径2mm以下の小型になり、浮上のための空気受け面はレンズ保持具に設けなければならない。この場合、記録媒体に対して固浸レンズの姿勢を精度よく保つためにレンズ平面と保持具との傾き防止がさらに必要となる。

【0012】(3) 製造コスト

従来は、ガラス材を球状に研磨してボールレンズを得て、さらに切断、研磨により、半球形状及び超半球形状の固浸レンズを製作していた。しかし、これでは工程が複雑でコストが高く付き、現状では実験段階に止まり、製品化はされていない。

【0013】そこで、本発明の目的は、保持具に対して傾きなく所定の姿勢を保持して取り付けことができ、しかも、物体（媒体）とのエアギャップを十分に小さくして浮上スライダへの搭載が可能な固浸レンズを提供することにある。さらに、本発明の目的は、簡単な工程で安価に固浸レンズを量産できる製造方法を提供することにある。

【0014】

【発明の構成、作用及び効果】以上の目的を達成するため、本発明に係る第1の固浸レンズは、光の入射側である凸面と光の出射側である略平面を有する半球形状又は超半球形状をなし、凸面が有効光路部分を構成する面と

4

位置決め面とからなる。この第1の固浸レンズでは、位置決め面は有効光路部分を構成する面の曲率とは符号が反転する曲面であることが好ましい。それ以外に、曲率半径が無限大の場合、即ち、有効光路部分での半径の接線を延長した円錐形状である場合も含む。

【0015】また、本発明に係る第2の固浸レンズは、光の入射側である凸面と光の出射側である略平面を有する半球形状又は超半球形状をなし、凸面の有効光路部分以外に、位置決め面を有する部を設けた。

【0016】前記第1及び第2の固浸レンズにあっては、凸面の有効光路部分以外に形成された位置決め面がレンズ保持具への固定基準となり、固浸レンズを姿勢よく（傾くことなく）保持することができる。しかも、物体（媒体）側にレンズ固定部が突出することなく、十分に小さなエアギャップを確保することができる。

【0017】また、レンズが小型になった場合であっても、前記位置決め面を設けることによって出射側である略平面の面積が拡大され、固浸レンズを浮上スライダに搭載したとき、浮上時の空気受け面が拡大することになる。このことと、前記傾きの防止効果とが相俟って、物体（媒体）に対する固浸レンズの姿勢/位置精度が向上する。

【0018】さらに、前記第1の固浸レンズにおいて、前記凸面を、略平面の中心に集光スポットを形成するための有効光路となる第1の凸面部と、略平面から僅かに離れた所に集光スポットを形成するための有効光路となる第2の凸面部とから構成してもよい。これにて、2焦点の固浸レンズを得ることができる。

【0019】さらに、前記第1及び第2の固浸レンズは、凸面の形状を略反転させた凹面を有する金型と、光の出射側である略平面を形成する面を有する金型とを用い、軟化したガラス材を両金型で押圧成形することで製作される。このような金型を用いる押圧成形方法によれば、切断や研磨が不要な簡単なプロセスで固浸レンズを安価に量産できる。また、溶融したガラス材を金型の略平面を形成する面または前記凸面の形状を略反転させた凹面を有する金型の上に滴下するようにすれば、滴下されるガラス材の重量が揃えられ、ばらつきのない固浸レンズを得ることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る固浸レンズ及びその製造方法の各実施形態について添付図面を参照して説明する。

【0021】（固浸レンズの第1実施形態、図1、図2、図3参照）図1において、1は第1実施形態である固浸レンズ、43は開口数NAが約0.6の集光レンズ、44は記録媒体、LB<sub>1</sub>は集光レンズ43で集光された収束光であり、集光スポットC<sub>1</sub>からの開き角は約74°である。固浸レンズ1と記録媒体44のエアギャップbは約100nmに設定されている。

(4)

特開2000-89004

5

【0022】図浸レンズ1は、半径 $r_1$ が0.5mmの半球3aを基準とする凸面2と出射側である平面7とで構成されている。収束光 $L_B$ が透過する有効面4は半球3aである0.5mmの球面であり、その有効径 $a$ は約0.6mmである。さらに、有効面4の外側には曲率の符号が反転した位置決め面5を設けている。平面7の直径は2mmである。

【0023】ここで、位置決め面5は「曲率の符号が反転している」ことの意味について説明する。このことは、位置決め面5はその曲率中心の方向が有効面4の曲率中心の方向と反転していると言い換えることもできる。即ち、図2に示すように、有効面4を形成する球面3aの曲率中心 $C_1$ は平面7の中心に存在し、凸面2を境界として物体側に位置する。一方、位置決め面5を形成する半径 $r_2$ が1mmの球面6の曲率中心 $C_2$ は凸面2を境界として光源側に存在する。

【0024】前記図浸レンズ1を含む図1に示す光学系を用いて記録媒体44に収束光 $L_B$ を照射したところ、記録媒体44上に直径80nmの記録スポットを得ることができた。

【0025】図浸レンズ1の浮上スライダへの搭載は図3に示す保持具51を用いて行う。即ち、保持具51は同心円である凹部52と開口53とを有し、図浸レンズ1は有効面4が開口53から突出した状態で凹部52にセットされる。このとき、図浸レンズ1は位置決め面5が保持具51の環状エッジ54に当接して位置決めされる。前述した形状からなる図浸レンズ1においては、レンズ1の姿勢規制部である環状エッジ54に対するレンズ1の当接ライン（位置決め面5上の環状ライン）が一義的に決まり、レンズ1は保持具51に対して傾度よく取り付けられる。特に、保持具51の底面である基準面55に対してレンズ平面7をミクロンないしサブミクロンオーダーの傾度で取り付けることができた。また、位置決め面5を形成することでレンズ平面7の面積も大きくなり（同径の従来のレンズに対して約4倍）、レンズ1自体が大きな浮上力を受けることになる。

【0026】ちなみに、図16に示した従来の保持機構では、レンズ41は凸面（球面）41aが保持具47の環状エッジ48に当接するため、環状エッジ48に対するレンズ41の当接環状ラインは無数に存在する。従って、保持具47の基準面49とレンズ平面41bとの平行関係が崩れて角度 $\theta$ が大きくなり、せいぜいサブミリオーダーの精度しか達成できなかった。

【0027】ここで、前記図浸レンズ1を2焦点レンズとして機能させる場合について説明する。図浸レンズ1は、前述の如く、凸面2が有効面4と位置決め面5とで形成されている。そこで、図4に示すように、収束光 $L_B$ の外周部にいまひとつの収束光 $L_B$ を導く。収束光 $L_B$ は有効面4を透過して平面7の中心に集光スポット $C_1$ を形成し、収束光 $L_B$ は面4、5の境界面8を透

6

過してスポット $C_2$ から僅かに離れた位置に集光スポット $C_2$ を形成する。

【0028】記録媒体44は記録層45の下にトラッキング情報層46を設けたものである。図浸レンズ1を2焦点レンズとして使用することで、集光スポット $C_1$ で記録層45に情報を記録/読取り、集光スポット $C_2$ でトラッキング情報層46にアクセスすることができる。この場合、図浸レンズ1を浮上スライダに搭載するには図3に示した保持具51を使用すればよい。

【0029】（図浸レンズの第2実施形態、図5参照）図5において、第2実施形態である図浸レンズ1は、半径0.5mmの超半球3bを基準とする凸面2と出射側である平面7とで構成され、有効面4の直径は約0.7mmである。その他の構成は前記第1実施形態と同様であり、図1と同じ部分には同じ符号を付し、その説明は省略する。集光レンズ43は開口数NAが約0.4であり、記録媒体44に収束光 $L_B$ を照射したところ、記録媒体44上に直径80nmの記録スポットを得ることができた。

【0030】この図浸レンズ1を浮上スライダに搭載するには、図3に示した保持具51を使用すればよく、環状エッジ54に対する位置決め面5の当接ラインが一義的に決まり、レンズ1の平面7をエアギャップ $b$ を微小な約100nmに保って高精度に維持できる。

【0031】（図浸レンズの第3実施形態、図6参照）図6において、第3実施形態である図浸レンズ1は、前記第1実施形態と同様に、半径が0.5mmの球面3aを基準とする凸面2を有し、有効面4の外側には曲率がゼロである円錐形状の位置決め面5a（曲率中心が面上にある）が形成されている。

【0032】このような球形状の図浸レンズ1において、図1と同じ集光レンズ43を使用して記録を行ったところ、記録媒体44上に直径80nmの記録スポットを得ることができた。また、この図浸レンズ1を浮上スライダに搭載するには、図3に示した保持具51を使用すればよく、環状エッジ54に対する位置決め面5aの当接ラインが一義的に決まり、レンズ1の平面7を微小なエアギャップ $b$ を保って高精度に維持できる。

【0033】（図浸レンズの第4実施形態、図7、図8、図9参照）図7において、第4実施形態である図浸レンズ11は、有効面14と該有効面14の外側に設けた凹部15とからなる凸面12と、出射側である平面17とで構成されている。有効面14は半径0.5mmの半球を基準とし、その有効径 $a$ は約0.6mmである。凹部15は厚さ0.2mmで、収束光 $L_B$ の光軸と直交する位置決め面15aを有している。平面17の直径は2mmである。また、集光レンズ43は前記第1実施形態と同様に開口数NAが約0.6で、収束光 $L_B$ は集光スポット $C_1$ からの開き角が約 $7.4^\circ$ に収束される。レンズ平面17と記録媒体44とのエアギャップ

(5)

特開2000-89004

7

bは約100nmに設定される。

【0034】前記図浸レンズ11を含む図7に示す光学系を用いて記録媒体44に収束光L<sub>B</sub>を照射したところ、記録媒体44上に直径80nmの記録スポットを得ることができた。

【0035】図浸レンズ11の浮上スライダへの搭載は図8に示す保持具61を用いて行う。即ち、保持具61は同心円である凹部62と開口63を示し、図浸レンズ11は有効面14が開口63から突出した状態で凹部62にセットされる。このとき、図浸レンズ11は銅部15の位置決め面15aが凹部62の平面62aに当接して位置決めされる。このように、レンズ11は位置決め面15aが保持具61の平面62aに当接して位置決めされることで、保持具61の底面である基準面65に対してレンズ平面17を、ミクロンないしサブミクロンオーダーの精度で固定することができた。また、銅部15を設けることでレンズ平面17の面積も大きくなり（同径の従来のレンズに対して4倍）、レンズ11自体が大きな浮上力を受けることになる。

【0036】図浸レンズ11の平面17と記録媒体44とのエアギャップbを約100nmに保持するには、図9に示すように、保持具61の表面64をサスペンション66で押さえるようにすればよい。

【0037】（図浸レンズの第5実施形態、図10、図11参照）図10において、第5実施形態である図浸レンズ11は、基本的には前記第4実施形態と同様の構成からなる。異なる点は、有効面14の外側に光軸に対して平行で銅部15と連続するいまひとつの位置決め面15bを形成した点にある。

【0038】この図浸レンズ11にあっては、図11に示すように、保持具61に対して位置決め面15aが平面62aに当接するのに加えて、いまひとつの位置決め面15bが開口内壁面63aに当接して位置決めされ、レンズ11の傾きと共に水平方向のずれも規制することができる。

【0039】（図浸レンズの第6実施形態、図12参照）図12において、第6実施形態である図浸レンズ11は、前記第4実施形態と同じ有効面14を有し、側面に収束光L<sub>B</sub>の有効光路に干渉しない、光軸に対して平行な位置決め面18aと光軸に対して垂直な位置決め面18bを形成したものである。保持具67は位置決め面18aが嵌合される開口68を有し、図浸レンズ11は位置決め面18a、18bが保持具67の開口内壁面と開口上縁部を基準として正確に位置決めされる。即ち、保持具67の基準面69に対するレンズ平面17の精度が向上する。

【0040】この図浸レンズ11は、特に、レンズ単体の重量の削減が重要な設計課題である場合に有効である。

【0041】（製造方法の第1実施形態、図13参照）

8

図13は、図7に示した第4実施形態である図浸レンズ11の製造方法を示す。ここでは、ガラス滴を利用したダイレクトプレス法を採用しているが、金型を使用するガラス成形法として従来知られている種々の手法を採用することができる。

【0042】図13（A）において、ガラス材25は図示しない溶融炉からノズル20へ導かれる。ガラス材25としては、重フリント系のSF57（屈折率約1.85；ミノルタ社製光学ガラス）を用いる。ガラス材25は溶融炉にて約900℃に溶融されており、ノズル20の先端開口部21からガラス滴26として金型31上に滴下させる。

【0043】金型31は図浸レンズ11の平面17を形成するためのもので、超硬合金からなり、表面32は平面研磨（最大表面粗さ：0.03μm）されている。一方、図13（C）に示す金型35は図浸レンズ11の凸面12を形成するためのもので、超硬合金からなり、有効面14に対応する面36及び銅部15の位置決め面15aに対応する面37を有し、面36、37は研磨（最大表面粗さ：0.03μm）されている。金型31、35は成形時に図示しない加熱手段によって約380℃に加熱される。

【0044】金型31上に滴下されたガラス滴26（図13（B）参照）は、軟化状態において金型35で押圧され、所定の形状に成形される（図13（C）参照）。このとき、プレス圧は約50kgf/cm<sup>2</sup>に設定され、10秒間押圧した後金型31、35を開く。

【0045】（製造方法の第2実施形態）この製造方法はガラス材としてランタン系LaSF9（屈折率約1.85；ミノルタ社製光学ガラス）を用いたもので、成形装置や工程は図13と同様である。但し、本第2実施形態では使用するガラス材が前記第1実施形態とは異なるため、ガラス材の溶融温度は約1250℃、金型温度は約600℃、プレス圧は約60kgf/cm<sup>2</sup>に設定する。

【0046】（他の実施形態）なお、本発明に係る図浸レンズ及びその製造方法は前記各値の実施形態に限定するものではなく、その要旨の範囲内で種々に変更することができる。

【0047】特に、図浸レンズの形状は有効面と平面と保持具への位置決め面を有していればよく、細部の形状は任意である。また、製造方法は図7に示した図浸レンズを例にとって説明したが、図1、図5、図6、図10、図12に示した図浸レンズあるいはそれ以外の形状の図浸レンズをガラス材を原料として前記同様のプレス加工によって製造することができる。なお、図10、図12に示す図浸レンズ11を製造する際には、金型からの脱型性をよくするため、面15b、18aに若干の傾斜を付けることが好ましい。また、前記実施形態では、平面金型上にガラス材を滴下したが、凹面の金型上に滴

(5)

特開2000-89004

9

10

下してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態である固浸レンズを含む光学系を示す立面図。

【図2】図1に示した固浸レンズの有効面と位置決め面の説明図。

【図3】図1に示した固浸レンズと保持具の断面図。

【図4】図1に示した固浸レンズを2焦点レンズとして使用する場合の説明図。

【図5】第2実施形態である固浸レンズを含む光学系を示す立面図。

【図6】第3実施形態である固浸レンズの説明図。

【図7】第4実施形態である固浸レンズを含む光学系を示す立面図。

【図8】図7に示した固浸レンズと保持具の断面図。

【図9】図8に示した保持具の押上規制機構を示す断面図。

【図10】第5実施形態である固浸レンズを含む光学系を示す立面図。

【図11】図10に示した固浸レンズと保持具の断面図。

\* 【図12】第6実施形態である固浸レンズと保持具の断面図。

【図13】製造方法の第1実施形態の工程説明図。

【図14】従来の固浸レンズ（半球形状）を含む光学系の立面図。

【図15】従来の固浸レンズ（超半球形状）を含む光学系の立面図。

【図16】従来の固浸レンズと保持具の断面図。

【符号の説明】

1、11…固浸レンズ

2、12…凸面

4、14…有効面

5、5a…位置決め面

7、17…出射平面

8…境界面

15…鋸部

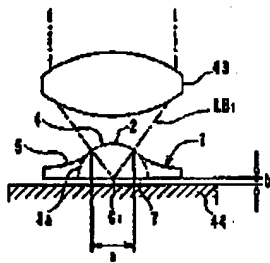
15a、15b…位置決め面

18a、18b…位置決め面

31、35…金型

C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>…集光スポット\* LB<sub>1</sub>、LB<sub>2</sub>…光ビーム（収束光）

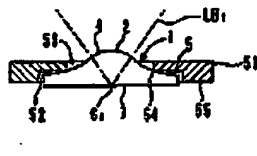
【図1】



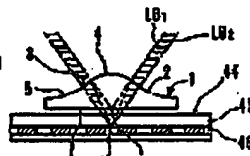
【図2】



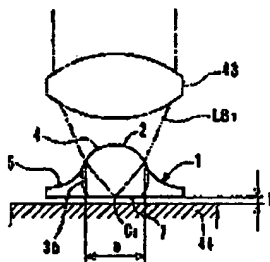
【図3】



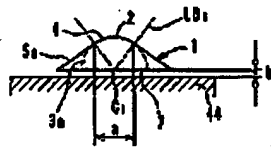
【図4】



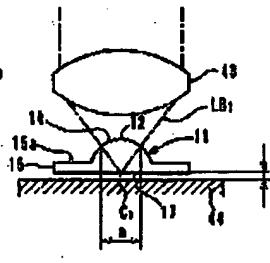
【図5】



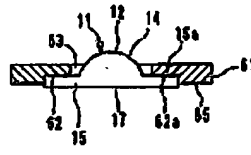
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

